

14 SEP 2007, 206

(12) SOLICITUD INTERNACIONAL PUBLICADA EN VIRTUD DEL TRATADO DE COOPERACIÓN
EN MATERIA DE PATENTES (PCT)

(19) Organización Mundial de la Propiedad
Intelectual
Oficina internacional



(43) Fecha de publicación internacional
25 de Septiembre de 2003 (25.09.2003)

PCT

(10) Número de Publicación Internacional
WO 03/079080 A1

(51) Clasificación Internacional de Patentes⁷: **G02B 6/28,**
G02F 1/035

[ES/ES]; CTT-Camino de Vera S/N, E-46022 Valencia
(ES).

(21) Número de la solicitud internacional: PCT/ES03/00122

(72) Inventores; e

(22) Fecha de presentación internacional:
14 de Marzo de 2003 (14.03.2003)

(75) Inventores/Solicitantes (para US solamente): **MARTI
SENDRA, Javier** [ES/ES]; Universidad Politécnica de
Valencia, CTT-Camino de Vera S/N, E-46022 Valencia
(ES). **CORRAL GONZÁLEZ, Juan Luis** [ES/ES];
Universidad Politécnica de Valencia, CTT-Camino de Vera
S/N, E-46022 Valencia (ES). **VIDAL RODRÍGUEZ,
Borja** [ES/ES]; Universidad Politécnica de Valencia,
CTT-Camino de Vera S/N, E-46022 Valencia (ES).
MADRID DIAZ, Daniel [ES/ES]; Universidad Politéc-
nica de Valencia, CTT-Camino de Vera S/N, E-46022
Valencia (ES).

(25) Idioma de presentación: español

(26) Idioma de publicación: español

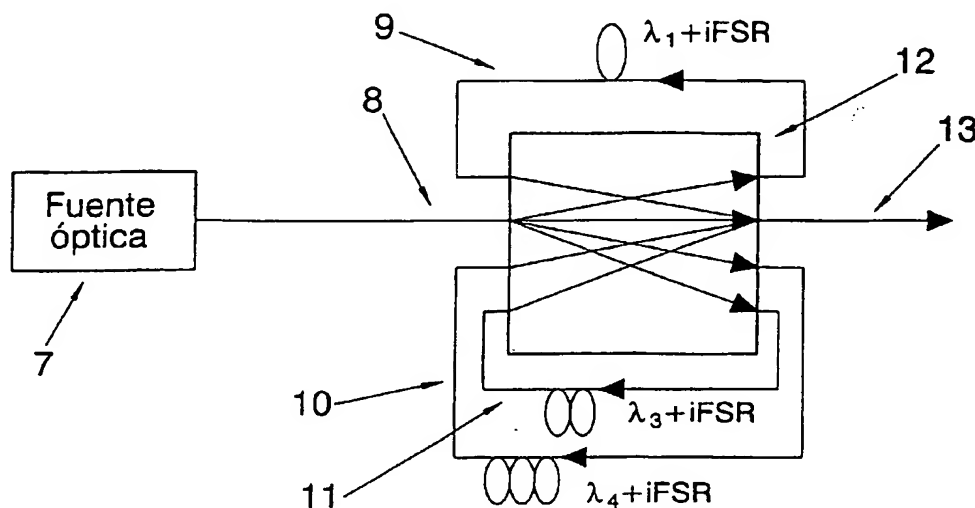
(30) Datos relativos a la prioridad:
P200200631 15 de Marzo de 2002 (15.03.2002) ES

(71) Solicitante (para todos los Estados designados salvo US):
UNIVERSIDAD POLITECNICA DE VALENCIA

[Continúa en la página siguiente]

(54) Title: MULTIPLE DELAY LINE BASED ON AN AWG AND DIFFERENT SECTIONS OF A DISPERSIVE OPTICAL MEDIUM

(54) Título: LÍNEA DE RETARDO MÚLTIPLE BASADA EN AWG Y DIFERENTES TRAMOS DE UN MEDIO ÓPTICO DISPERSIVO



7 ... OPTICAL SOURCE

(57) Abstract: The invention relates to an AWG-based multiple delay line with a configuration which is looped back by means of sections of a dispersive optical medium, in which the simultaneous use of multiple wavelengths (WDM) enables numerous delays to be obtained owing to the dispersion of the sections of the dispersive optical medium. Moreover, said delays can be varied in an optical manner using the individual or combined tuning of the multiple wavelengths. The invention is suitable for use in any field requiring numerous delays such as, for example, in optical beam forming for groups of antennae. Other fields of application include: optical analogue/digital converters, optical time domain multiplexing (OTDM) and optical systems based on code multiplexing (CDMA).

[Continúa en la página siguiente]



WO 03/079080 A1



(74) **Mandatario:** DURAN ORTEGA, Sila; Universidad Politécnica de Valencia, CTT - Camino de Vera S/N, ED. I1, I2, E-46022 Valencia (ES).

(81) **Estados designados (nacional):** IL, JP, US.

(84) **Estados designados (regional):** patente europea (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HU, IE, IT, LU, MC, NL, PT, RO, SE, SI, SK, TR).

Publicada:

- con informe de búsqueda internacional
- antes de la expiración del plazo para modificar las reivindicaciones y para ser republicada si se reciben modificaciones

Para códigos de dos letras y otras abreviaturas, véase la sección "Guidance Notes on Codes and Abbreviations" que aparece al principio de cada número regular de la Gaceta del PCT.

(57) **Resumen:** Una línea de retardo múltiple basada en un AWG con una configuración realimentada mediante tramos de un medio óptico dispersivo en el cual la utilización de múltiples longitudes de onda simultáneamente (WDM) permite, por efecto de la dispersión de los tramos del medio óptico dispersivo, conseguir una multiplicidad de retardos que se pueden variar ópticamente mediante la sintonización individual o conjunta de las múltiples longitudes de onda. La presente invención tiene su aplicación en cualquier campo en el que sea necesario conseguir una multiplicidad de retardos como, por ejemplo, ocurre en el área del conformado óptico de haces para agrupaciones de antenas. Otros campos de aplicación son los conversores ópticos analógicos-digitales, la multiplexación óptica en el dominio del tiempo (OTDM) o los sistemas ópticos basados en multiplexación en código (CDMA).

LÍNEA DE RETARDO MÚLTIPLE BASADA EN AWG Y
DIFERENTES TRAMOS DE UN MEDIO ÓPTICO DISPERSIVO

5

DESCRIPCIÓN

OBJETO DE LA INVENCION

10 La presente invención consiste en una línea de retardo
basada en un AWG (Arrayed Waveguide Grating o trama de
difracción con guías de ondas agrupadas) y diferentes
tramos de un medio óptico dispersivo que permite generar
simultáneamente una multiplicidad de retardos
15 correspondientes a una multiplicidad de portadoras ópticas.
Los valores de los múltiples retardos dependerán de las
longitudes de onda concretas, de la separación entre las
mismas y de la dispersión del medio óptico. La invención
aporta esenciales características de novedad y notables
20 ventajas en cuanto a reducción de coste con respecto a las
estructuras conocidas y utilizadas para fines similares en
el estado actual de la técnica.

La presente invención tiene su aplicación en cualquier
25 campo en el que sea necesario conseguir una multiplicidad
de retardos como, por ejemplo, ocurre en el área del
conformado óptico de haces para agrupaciones de antenas
donde la obtención de diferentes subconjuntos de retardos
progresivos es básica para su funcionamiento. Otros campos
30 de aplicación serían los conversores ópticos analógicos-
digitales, la multiplexación óptica en el dominio del
tiempo (OTDM) o los sistemas ópticos basados en
multiplexación en código (CDMA).

- 2 -

ANTECEDENTES DE LA INVENCION

Las agrupaciones de antenas permiten la síntesis de diagramas de radiación con unas características que no pueden ser obtenidas mediante antenas elementales. Concretamente, permiten funcionalidades como apuntamiento del haz, conformación del haz o introducción de nulos de forma dinámica, a partir del control de la amplitud y el retardo de la alimentación de los distintos elementos que componen la agrupación. Por ello, han sido ampliamente utilizadas en multitud de áreas dentro del campo de las telecomunicaciones. La funcionalidad más habitual de una agrupación de antenas es el apuntamiento del haz en diferentes direcciones del espacio, lo que para el caso de una agrupación lineal con espaciado constante se consigue mediante la introducción de un retardo progresivo (retardos que mantienen una diferencia constante entre elementos adyacentes de la agrupación) entre los diferentes elementos de la agrupación.

20

Gracias a la relación proporcional que existe entre el retardo introducido sobre una onda electromagnética y el desfase correspondiente para la frecuencia de esa señal, es habitual realizar el control sobre los desfases sufridos por las señales correspondientes a cada elemento de la agrupación en lugar de sobre los retardos. Cuando la conformación de haces se debe realizar para diferentes frecuencias o para señales de un gran ancho de banda esta proporcionalidad entre retardos y desfases deja de cumplirse dando lugar al conocido fenómeno de desapuntamiento del haz (*beam squint*) y obligando a la utilización de líneas de retardo.

Tradicionalmente, el control de las agrupaciones de antenas se ha realizado mediante procesado en banda base o

35

- 3 -

en radiofrecuencia (RF). Sin embargo, a frecuencias elevadas (ondas milimétricas) y grandes anchos de banda el procesado en banda base se hace inviable y las propuestas en RF presentan distintos inconvenientes, entre ellos, un
5 reducido ancho de banda, altas pérdidas y una gran complejidad de interconexión a medida que aumenta el número de elementos de la agrupación. Además, las soluciones en RF basadas en líneas de retardo conllevan habitualmente un gran volumen, peso y complejidad.

10

Para solucionar los problemas anteriormente descritos, en los últimos años han aparecido distintas propuestas de conformado óptico de agrupaciones, campo en el cuál se enmarca esta invención [1]-[4].

15

Las arquitecturas de conformado óptico de haces presentan entre otras ventajas bajo peso y tamaño, inmunidad frente a interferencias electromagnéticas, y, sobre todo, permiten obtener fácilmente un amplio ancho de
20 banda instantáneo y operación en retardo verdadero (TTD, *True Time Delay*) lo que permite apuntar el haz independientemente de la frecuencia de operación.

En un principio, los retardos de las distintas
25 arquitecturas ópticas se realizaron mediante la propagación de la señal a través de un determinado tramo de fibra [5]. Posteriormente, se propuso la utilización de la dispersión de la fibra para implementar múltiples retardos simultáneamente [6]-[7]. El uso de otros medios de
30 propagación dispersivos en lugar de diferentes longitudes de fibra dispersiva también ha sido propuesto, como es el caso de redes de difracción con periodicidad variable [8]. Las limitaciones en cuanto a ancho de banda, debidas a la dispersión inherente a las líneas de retardo basadas en
35 elementos dispersivos, se pueden resolver con diferentes

- 4 -

modulaciones ópticas tolerantes a la dispersión [8]-[9].

La patente US núm. 5.793.907 propone una línea de retardo basada en un AWG. La propuesta se basa en una configuración realimentada y simétrica del AWG (conocida como *loop-back*, es decir, la realimentación se hace entre un puerto de salida del AWG y su correspondiente de entrada) tal y como se había propuesto con anterioridad para su uso como ADM (*Add-Drop Multiplexer* o multiplexador inserta-extrae) [10]-[11].

En la mencionada patente, los retardos se consiguen mediante tramos de longitud tal que la propagación de la señal retarde la señal óptica el tiempo deseado. Para apuntar el haz principal del diagrama de radiación es necesario conseguir un retardo progresivo entre los distintos elementos de la agrupación, lo que obliga a introducir una línea de retardo por cada elemento de la agrupación, de modo que, cada línea de retardo debe incrementar la longitud de sus tramos de fibra para conseguir un retardo progresivo constante.

Por lo tanto, esta línea de retardo presenta un grave inconveniente: es necesario replicar la estructura por cada elemento de la agrupación, lo que puede hacer inviable el sistema para grandes agrupaciones dado el elevado coste de los AWG.

Referencias bibliográficas citadas:

30

[1] W. Ng, A. Walston, G. Tangonan, J. Newberg, J.J. Lee and N. Bernstein, "The First Demonstration of an optically Steered Microwave Phased Array Antenna Using True-Time Delay", *Journal Lightwave Technology*, vol. 9, pp. 1124-

35 1131, September 1991.

- 5 -

- [2] R.D. Esman, M.Y. Frankel, J.L.Dexter, L.Goldberg, M.G. Parent , "Fiber Optic Prism True Time Delay Antenna Feed", *IEEE Photonics Technology Letters*, vol. 5, no. 11, pp.1347-1349, November 1993.
- [3] H. Zmuda, E.H. Toughlian, "Photonic Aspects of Modern Radar", Ed. Artech House, 1994.
- [4] I. Frigyes and A.J. Seeds, "Optically Generated True-Time Delay in Phased-Array Antennas", *IEEE Transactions on Microwave Theory and Techniques*, vol. 43, no. 9, pp. 2378-2386, September 1995.
- [5] A.P. Goutzoulis, D.K. Davies , "Hardware compresive 2-D fiber optic delay line architecture for time steering of phased array antennas", *Applied Optics*, vol. 29, no. 36, pp. 5353-5359 December 1990.
- [6] R. Soref, "Optical Dispersion Technique for Time-Delay Beam Steering", *Applied Optics*, vol. 31, pp. 7395-7397, December 10, 1992.
- [7] D. T. K. Tong and M. C. Wu, "A Novel Multiwavelenght Optically Controlled Phased Array Antenna with a Programmable Dispersion Matrix", *IEEE Photonics Technology Letters*, vol. 8, no. 6, pp. 812-814, June, 1996.
- [8] J.L. Corral, J. Martí, S. Regidor, J.M. Fuster, R. Laming, M.J. Cole, "Continuously Variable True Time Delay Optical Feeder For Phased Array Antenna Employing Chirped Fiber Gratings", *IEEE Transactions on Microwave Theory and Techniques*, vol. 45, no. 8, pp. 1531-1536, 1997.
- [9] G.H. Smith, D. Novak, Z. Ahmed "Novel technique for

- 6 -

generation of optical SSB with carrier using a single MZM to overcome fiber chromatic dispersion", *International Topical Meeting on Microwave Photonics*, Kyoto (Japan), Paper PDP-2, December 1996.

5

[10] Y. Tachikawa, Y. Inoue, M. Kawachi, H. Takahashi and K. Inoue, "Arrayed-Waveguide Grating Add-drop Multiplexer with Loop-back Optical Paths", *Electronics Letters*, vol. 29, no. 24, pp. 2133-2134, November 1993.

10

[11] Y. Tachikawa and M. Kawachi, "Lightwave Transrouter based on Arrayed-waveguide Grating Multiplexer", *Electronics Letters*, vol. 30, no. 18, pp. 1504-1505, 1st September 1994.

15

[12] M.K. Smit, "New Focusing and Dispersive planar component based on an Optical Phased Array", *Electronics Letters*, vol. 24, no. 7, pp.385-386, March 1988.

20

[13] C. Dragone, "An NxN Optical Multiplexer Using a Planar Arrangement of Two Star Couplers", *IEEE Photonics Technology Letters*, vol. 3, no. 9, pp. 812-815, September 1991.

25

[14] C. Dragone, C.A. Edwards and R.C. Kistler, "Integrated Optics NxN Multiplexer on Silicon", *IEEE Photonics Technology Letters*, vol. 3, no. 10, pp. 896-899, October 1991.

30

SUMARIO DE LA INVENCION

De forma concreta, la presente invención combina las propiedades de conmutación en función de la longitud de onda del AWG junto con la periodicidad en longitud de onda

35

- 7 -

de su comportamiento y la capacidad de un medio dispersivo óptico de retardar de forma diferente distintas longitudes de onda.

5 De una manera más particular, la invención propone la utilización de un AWG en una configuración realimentada (cada señal óptica se propaga dos veces a través del AWG) con tramos de un medio óptico dispersivo, junto con una fuente que pueda conmutar entre distintos subconjuntos de
10 longitudes de onda (WDM, *Wavelength Division Multiplex* o Multiplexación por división en longitud de onda) e incluso podría combinar diversas longitudes de onda de cada subconjunto. Dentro de cada subconjunto, las distintas longitudes de onda cumplen que la separación entre ellas es
15 igual a la periodicidad espectral del AWG (FSR, *Free Spectral Range* o rango espectral libre) de modo que, al introducirse todas las longitudes de onda del subconjunto por un puerto del AWG, todas se encaminan hacia el mismo puerto de salida. En la configuración básica de la línea de
20 retardo, el puerto de salida escogido se conecta mediante una cierta longitud de medio óptico dispersivo con una de las entradas o salidas (la escogida u otra diferente) concreta del AWG de forma que el medio dispersivo retarde de forma distinta cada una de las longitudes de onda del
25 subconjunto antes de atravesar de nuevo el AWG y ser encaminadas hacia el puerto de salida común. Los retardos relativos entre las diferentes longitudes de onda dependerán de la separación espectral entre las mismas y de la dispersión total del medio dispersivo. Si cada una de
30 las salidas del AWG se conecta a un medio dispersivo con diferentes parámetros de dispersión, la selección del subconjunto de longitudes de onda adecuado permitirá seleccionar los valores de los diferentes retardos asociados a cada portadora óptica.

Por otra parte, la línea de retardo múltiple objeto de esta invención obtiene múltiples retardos, mediante el encaminamiento de diferentes portadoras ópticas por un mismo tramo de medio óptico dispersivo, aprovechando la periodicidad de la respuesta en transmisión del AWG. En la configuración *loop-back*, si por una entrada del AWG se introducen diferentes portadoras ópticas separadas FSR, todas se encaminan hacia la misma salida y por lo tanto se realimentarán al AWG por la misma entrada recorriendo, por lo tanto, el mismo tramo. Si este tramo corresponde a un medio dispersivo como pueda ser una cierta longitud $L(m)$ de fibra con una dispersión constante $D(ps/nm \cdot m)$, dos portadoras ópticas que estuvieran separadas $\Delta\lambda(nm)$, sufrirían un retardo relativo entre ambas de valor:

$$\Delta\tau(ps) = D(ps/nm \cdot m) \cdot L(m) \cdot \Delta\lambda(nm) \quad (1)$$

De este modo, si se introducen a la línea de retardo tantas longitudes de onda como elementos tiene la agrupación, con una separación entre ellas constante e igual a la FSR del AWG, es posible introducir el retardo entre portadoras deseado mediante el ajuste de la dispersión total de cada tramo de medio óptico dispersivo que forman la realimentación, lo que para el caso de fibra óptica con dispersión constante equivale a ajustar la longitud de cada tramo. A la salida de la línea de retardo, las distintas longitudes de onda se demultiplexarán, de manera que cada longitud de onda alimentará a un elemento de la agrupación. Al establecerse esta correspondencia uno a uno entre longitudes de onda y elementos de la agrupación es posible, en principio, utilizar un único AWG para toda la agrupación, independientemente del número de elementos de ésta. En la práctica, aparece una limitación debida al número de órdenes (número de canales dentro de una FSR) disponibles

del AWG.

Aunque la realización más habitual de esta invención sería la utilización de un subconjunto de longitudes de onda separados entre sí FSR, sería posible introducir las longitudes de onda con una separación que no fuera igual a la FSR del AWG sino a múltiplos arbitrarios de ésta, de forma que se consigan retardos arbitrarios múltiplos del retardo elemental, entendiendo por retardo elemental aquél que corresponde con el debido al efecto dispersivo entre dos longitudes de onda separadas la FSR del AWG. Sería incluso posible, la selección simultánea de una o varias portadoras de más de uno de los subconjuntos, permitiendo una mayor flexibilidad en la selección de los retardos a costa de una mayor complejidad de las etapas de generación y de demultiplexación ópticas.

BREVE DESCRIPCIÓN DE LOS DIBUJOS

Estas y otras características y ventajas de la invención se pondrán más claramente de manifiesto a partir de la descripción detallada que sigue de una forma preferida de realización, dada únicamente a título de ejemplo ilustrativo y no limitativo, con referencia a los dibujos que se acompañan, en los que:

La Figura 1 muestra el diagrama de un AWG integrado, dispositivo básico de la línea de retardo aquí expuesta.

La Figura 2 es un detalle de la zona de propagación libre del mismo, representada en la figura anterior.

La Figura 3 muestra el diagrama de la línea de

- 10 -

retardo. Se trata de un AWG en lo que se conoce como configuración *loop-back*. A diferencia de anteriores propuestas, la realimentación se realiza con un medio óptico dispersivo.

5

La Figura 4 muestra los espectros de las señales ópticas a la entrada de la línea de retardo.

La Figura 5 muestra un ejemplo de arquitectura completa de un agrupación de antenas basada en un conformador óptico que incluye la línea de retardo múltiple basada en AWG con tramos de fibra dispersiva.

10

La Figura 6 muestra el diagrama de la línea de retardo en una configuración *fold-back* (realimentaciones entre puertos de salida del AWG), apropiada cuando se utiliza un medio dispersivo trabajando en modo reflexión.

15

DESCRIPCIÓN DE LA REALIZACIÓN PREFERIDA

20

Para llevar a cabo la descripción detallada que sigue de la realización preferida de la presente invención, se hará referencia permanente a los dibujos de las Figuras, a través de las cuales se han utilizado las mismas referencias numéricas para las partes iguales o similares. Así, la Figura 1 se refiere al componente principal de la arquitectura, el AWG, formado por zonas de propagación libres (2 y 4) unidas por una agrupación de guías de onda de diferentes longitudes (3) y un conjunto de guías de onda de acceso en cada uno de los extremos de las zonas de propagación libres (1 y 5). La Figura 2 es un detalle de la zona de propagación libre (2 y 4) del AWG. En ésta, Δ representa el ángulo de divergencia entre las guías de onda de entrada y de salida, R_a es la distancia focal, d_a es la

25

30

- 11 -

separación entre guías de onda de la agrupación de guías (6), d_r es la separación entre guías de onda de las guías de salida (5) y θ representa el ángulo de dispersión resultante de la diferencia de fase entre guías adyacentes.

5

Por otra parte, la Figura 3, muestra la línea de retardo múltiple, sujeto de la invención, en una configuración *loop-back* compuesta por un AWG (12) y tantos tramos de medio óptico dispersivo (8, 9, 10 y 11) como
10 número de puertos del AWG menos uno, puerto que corresponde a los puertos de entrada y salida comunes.

En la Figura 5 se muestra la arquitectura completa compuesta por: la línea de retardo múltiple de la Figura 3;
15 la fuente óptica (7), que debe proporcionar múltiples longitudes de onda, tal y como se representa en la Figura 4; una fuente de datos (15) y un modulador electroóptico (14); un demultiplexor (22) que separe las distintas longitudes de onda y las asigne al fotorreceptor
20 correspondiente (23, 25, 30 ó 34) al elemento de la agrupación adecuado (27, 28, 31 ó 33). Al tratarse de un dispositivo recíproco, esta línea de retardo se puede usar tanto en el modo transmisión de la agrupación de antenas como en el modo recepción, siendo necesario añadir
25 únicamente una serie de dispositivos de separación y combinación junto con las correspondientes etapas de conversión óptica-eléctrica y electro-óptica; concretamente habrá que añadir: un demultiplexor (35), un divisor (16) que envíe las múltiples portadoras en el camino (18) para
30 el modo transmisión y en el camino (17) para el modo recepción, un combinador (37), un par de diplexores (19 y 20), unos circuladores eléctricos (24, 26, 29, 32) unos moduladores electro-ópticos (36, 38, 39, 40) y un fotorreceptor (21) tal y como se muestra en la Figura 5.

- 12 -

En la Figura 6 se muestra la línea de retardo múltiple, sujeto de la invención, en una configuración *fold-back* compuesta por un AWG y tantos tramos (41) de medio óptico dispersivo actuando en modo reflexión como número de puertos del AWG.

El elemento básico de la línea de retardo múltiple propuesta en esta invención es el AWG representado esquemáticamente en la Figura 1.

El funcionamiento de dicho dispositivo ha sido ampliamente tratado en la literatura [12]-[14], siendo el siguiente: la señal entra por una de las guías ópticas de entrada (1), en adelante puertos de entrada. Cuando la señal llega a la zona de propagación libre (FPR, *Free Propagation Region* o zona de propagación libre), (2), deja de estar confinada lateralmente y diverge. Cuando llega a la apertura de entrada, el haz se acopla a la agrupación de guías de onda (3) y se propaga a través de las guías de onda individuales hasta la apertura de salida (5), en la segunda zona de propagación libre (4).

La longitud de estas guías se elige de forma que la diferencia de longitud entre guías adyacentes sea igual a un múltiplo entero de la longitud de onda central del AWG. Para esta longitud de onda, los campos en las guías de onda (3) individuales llegarán a la salida con la misma fase, aparte de un múltiplo entero de 2π , y la distribución de campo que teníamos en la apertura de entrada se reproducirá en la de salida. Por tanto, el haz divergente en la apertura de entrada se transforma en uno convergente con igual amplitud y distribución de fase en la de salida. Como consecuencia de la dispersión introducida por la agrupación de guías de onda (3) el haz

- 13 -

de salida se inclinará y el punto focal se desplazará a lo largo del plano imagen.

Según lo representado en la figura 2, situando guías de
5 onda receptoras (5) en posiciones adecuadas a lo largo del
plano imagen, conseguimos la separación espacial entre las
distintas longitudes de onda. Es decir, si la longitud de
onda cambia, el campo focal del AWG se mueve a lo largo de
las guías de onda receptoras. Obteniéndose la respuesta en
10 frecuencia de los diferentes canales de la superposición
de este campo con los campos modales de las guías
receptoras. El comportamiento periódico del AWG se traduce
en que dos longitudes de onda separadas FSR implican un
desplazamiento del campo focal hacia una misma guía de
15 onda receptora, encaminando ambas longitudes de onda hacia
la misma salida.

De acuerdo con la invención y a la vista de la figura
3, mediante la fuente (7) se elegirá un conjunto de
20 longitudes de onda que se introducirá por el puerto de
entrada común de la línea de retardo (8). Dentro del
conjunto habrá tantas longitudes de onda como retardos se
deseen generar y la separación entre ellas corresponderá
con múltiplos de la FSR del AWG de modo que todas se
25 encaminen hacia el mismo puerto de salida. Por tanto, todas
las longitudes de onda recorrerán un mismo tramo de medio
dispersivo. La elección de un tramo (con su dispersión
total asociada), y consecuentemente de la multiplicidad de
retardos, se realiza de forma óptica mediante la elección
30 de un subconjunto concreto de longitudes de onda. En el
caso de que el medio dispersivo sea fibra óptica con una
dispersión constante, la expresión (1) muestra que se
introducirá un determinado retardo entre las diferentes
longitudes de onda debido a la dispersión de la fibra.
35 Aunque el medio dispersivo preferiblemente tendrá una
respuesta lineal de retardo frente a la longitud de onda,

- 14 -

cualquier otra respuesta (como por ejemplo: curva, parabólica o diente de sierra) es posible y viable con el estado actual de la tecnología.

5 A causa de la configuración realimentada, el conjunto de longitudes de onda entrará de nuevo por uno de los puertos de entrada del AWG (1). Debido al comportamiento simétrico del AWG, éste encaminará todas las longitudes de onda hacia el puerto común de salida (13).

10 A la salida de la línea de retardo múltiple se introduce un demultiplexor (22), que separe cada longitud de onda dirigiéndola hacia un fotorreceptor (23, 25, 30 ó 34). La salida de cada fotorreceptor alimentará un elemento
15 de la agrupación (27, 28, 31 ó 33). De este modo, la línea de retardo múltiple ha introducido, con un único AWG, un retardo progresivo entre elementos de la agrupación, lo que permite variar la dirección de apuntamiento de la misma.

20 En el caso de utilizar medios dispersivos que trabajen en modo reflexión, como es el caso de las redes de difracción con periodicidad variable (CFG, *chirped fiber grating* o red de difracción con periodicidad variable) la configuración de la Figura 3 se modificaría ligeramente
25 quedando tal y como se muestra en la Figura 6, siendo su funcionamiento totalmente equivalente al de la Figura 3.

 En cuanto a la fuente óptica (7), ésta debe ser capaz de proporcionar un espectro similar al representado en la
30 Figura 4. Existen distintas formas de generar este tipo de espectros, como por ejemplo mediante la conmutación entre distintos láseres multilongitud de onda con una separación entre portadoras adecuada.

35 Aunque la implementación preferida implica la

- 15 -

selección de subconjuntos de portadoras ópticas con una separación espectral de múltiplos enteros de FSR, la selección simultánea de una o varias portadoras de más de uno de los subconjuntos de la Figura 4 es posible, permitiendo una mayor flexibilidad en la selección de los retardos a costa de una mayor complejidad de las etapas de generación y de demultiplexación ópticas.

No se considera necesario hacer más extenso el contenido de esta descripción para que un experto en la materia pueda comprender su alcance y las ventajas derivadas de la invención, así como desarrollar y llevar a la práctica el objeto de la misma.

No obstante, debe entenderse que la invención ha sido descrita según una realización preferida de la misma, por lo que puede ser susceptible de modificaciones sin que ello suponga alteración alguna de su fundamento, definido en las reivindicaciones anexas.

20

REIVINDICACIONES

1.- Línea de retardo múltiple basada en AWG y diferentes tramos de un medio óptico dispersivo, caracterizada porque mediante la utilización de múltiples longitudes de onda simultáneamente (WDM) separadas la FSR del AWG está capacitado para introducir un retardo distinto para cada portadora óptica, obteniéndose los retardos debido a la dispersión de los tramos del medio óptico dispersivo de las realimentaciones, y porque la obtención de un conjunto de retardos u otro se realiza de forma óptica mediante la elección de un determinado subconjunto de longitudes de onda.

2.- Línea de retardo múltiple basada en AWG según la reivindicación 1, caracterizada porque el medio óptico dispersivo consiste en tramos de fibra óptica dispersiva, redes de difracción o bien cualquier otro medio dispersivo tanto en transmisión como en reflexión.

20

3.- Línea de retardo múltiple basada en AWG según cualquiera de las reivindicaciones anteriores caracterizada, porque la configuración de la realimentación entre los puertos de entrada y salida del AWG, es cualquier tipo de configuración *loop-back*, tanto aquéllas que conectan un puerto de salida con su simétrico de entrada, como aquéllas que conectan los puertos de entrada y salida de cualquier otra forma.

30

4.- Línea de retardo múltiple basada en AWG, según cualquiera de las reivindicaciones 1ª y 2ª, caracterizada porque la configuración de la realimentación entre los puertos de entrada y salida del AWG, es cualquier tipo de configuración *fold-back* en la que los puertos de salida del

35

- 17 -

AWG se conectan entre sí incluso consigo mismos.

5.- Línea de retardo múltiple basada en AWG, según las reivindicaciones anteriores, caracterizada porque las longitudes de onda presentan una separación entre ellas que no es la FSR del AWG sino múltiplos de ésta.

6.- Línea de retardo múltiple basada en AWG, según reivindicaciones anteriores, caracterizada porque se introducen simultáneamente un número finito de grupos de longitudes de onda, de forma que las longitudes de onda de cada grupo están separadas entre sí FSR, pero no así entre las longitudes de onda de grupos distintos.

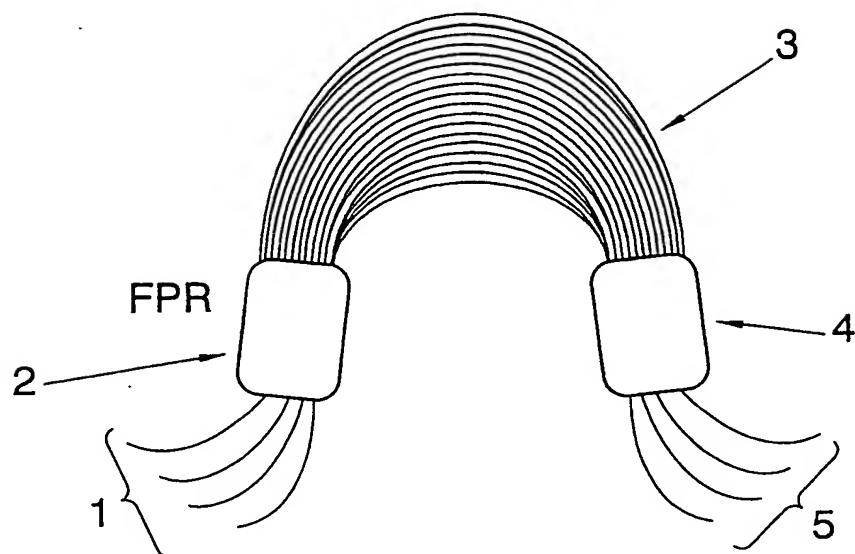


FIG. 1

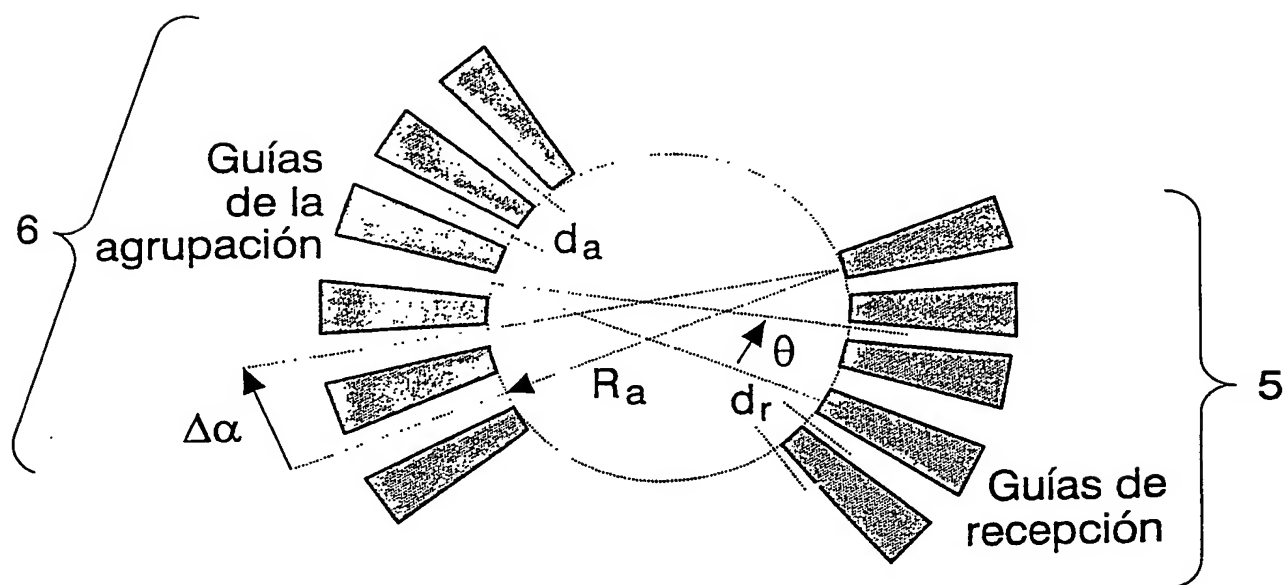


FIG. 2

2/3

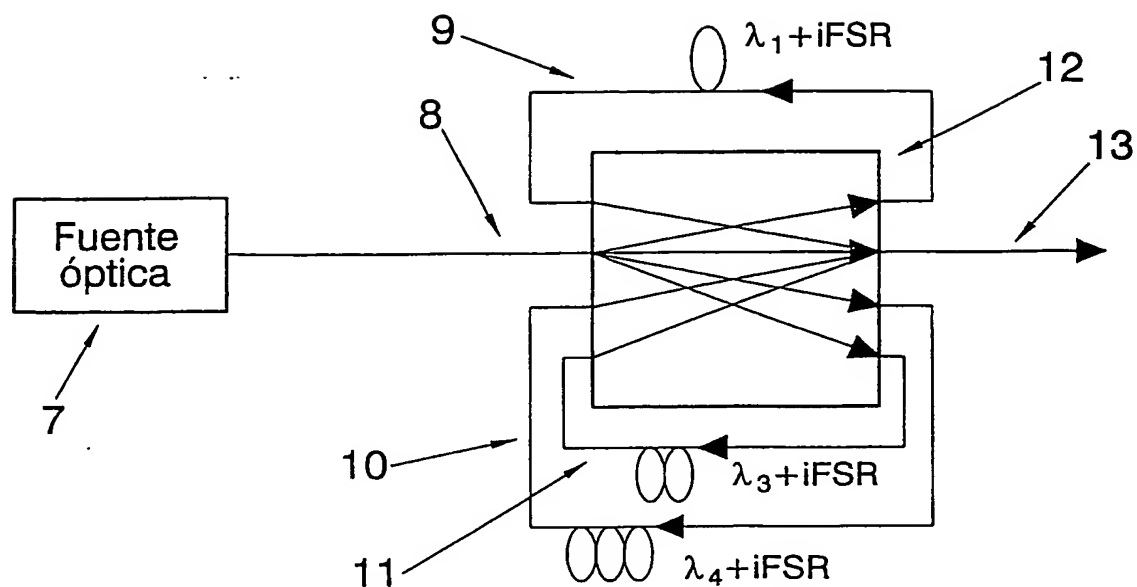


FIG.3

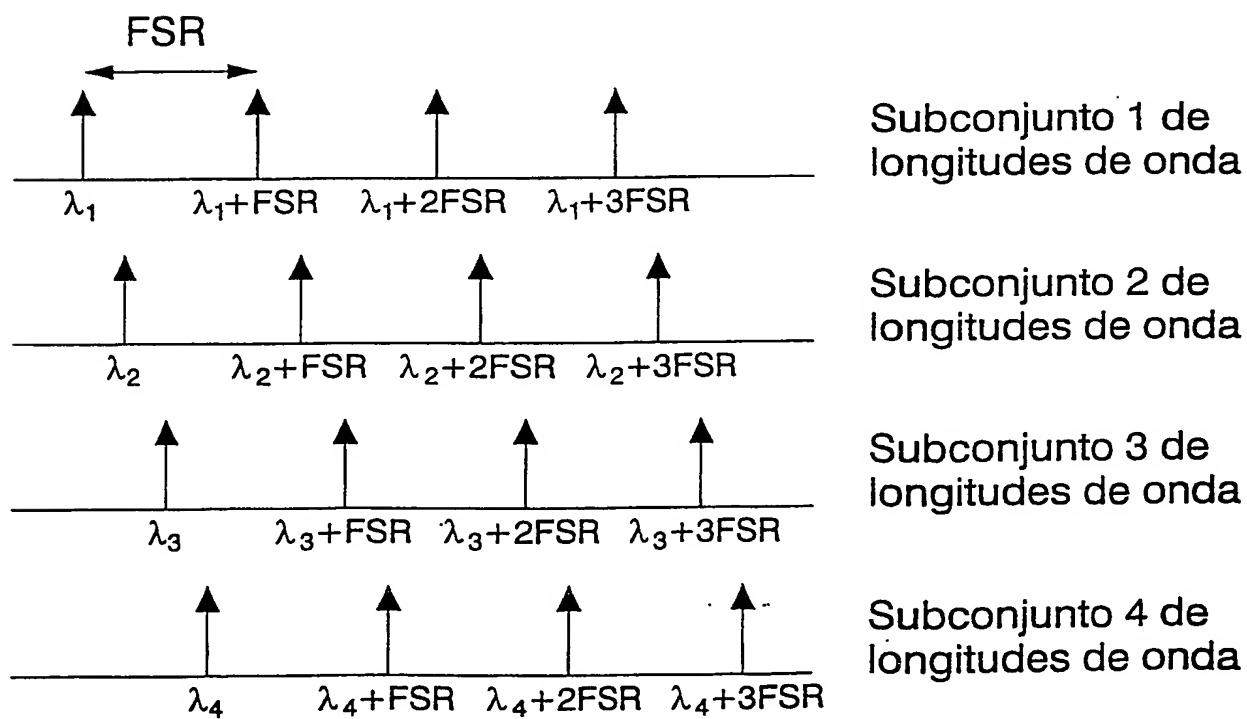


FIG.4

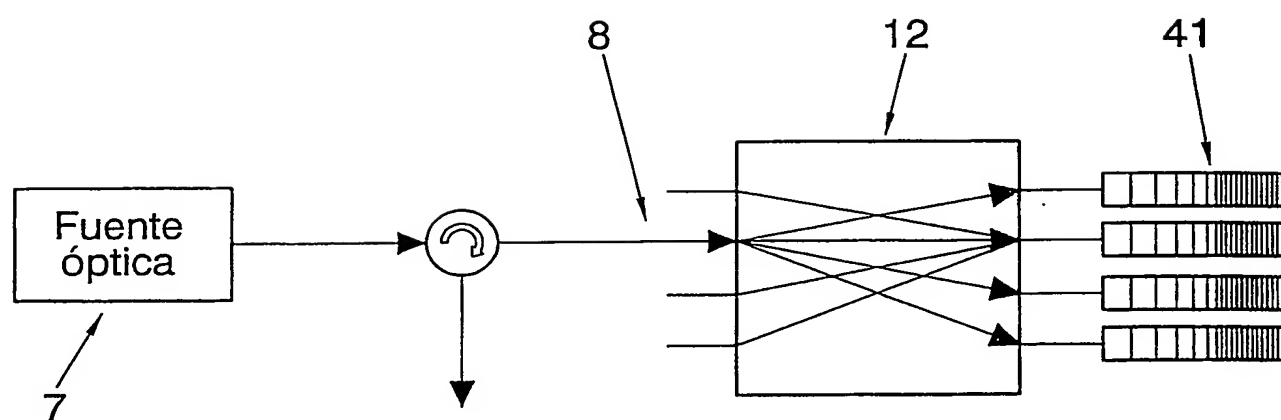


FIG.6

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No.

PCT/ES 03/00122

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

IPC 7 G 02 B 6/28, G 02 F 1/035

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

IPC 7 G 02 B, G 02 F

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

EPODOC, WPI, PAJ, CIBEPAT

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	US 5793907 A (JALALI, B. et al.) 11.08.1998, column 2, line 27 - column 4, line 9; column 5, lines 42 - 50; column 5, line 64 - column 7, line 12; figures 1 - 7.	1 - 4, 6
A	EP 0591042 A1 (NIPPON TELEGRAPH AND TELEPHONE CORPORATION) 06.04.1994, column 3, line 58 - column 5, line 4; column 6, line 29 - column 7, line 51; figure 1.	1 - 4
A	WO 01/33270 A1 (KYMATA LIMITED; BBV DESIGN BV) 10.05.2001, The whole document	1 - 4
A	BASE DE DATOS PAJ de JPO, JP 2001042375 A (NIPPON TELEGRAPH AND TELEPHONE CORPORATION) 16.02.2001, abstract, figure.	1



Further documents are listed in the continuation of Box C.



See patent family annex.

* Special categories of cited documents:

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

"E" earlier document but published on or after the international filing date

"I" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

25 JUNE 2003 (25.06.03)

Date of mailing of the international search report

15 JULY 2003 (15.07.03)

Name and mailing address of the ISA/

S.P.T.O.

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International Application No

PCT/ES 03/00122

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
US 5793907 A	11.08.1998	NONE	
EP 0591042 A1	06.04.1994	CA 2107181 A EP 0591042 B JP 7098424 A JP 3293698 B2 B US 5414548 A DE 69311048D D DE 69311048T T	30.03.1994 06.04.1994 11.04.1995 17.06.2002 09.05.1995 03.07.1997 11.12.1997
WO 0133270 A1	10.05.2001	AU 1156101 A US 6289147 B EP 1226461 A CN 1387628T T JP 2003513330T	14.05.2001 11.09.2001 31.07.2002 25.12.2002 08.04.2003
JP 2001042375 A	16.02.2001	NONE	

A. CLASIFICACIÓN DEL OBJETO DE LA SOLICITUD

CIP⁷ G 02 B 6/28, G 02 F 1/035

De acuerdo con la Clasificación Internacional de Patentes (CIP) o según la clasificación nacional y la CIP.

B. SECTORES COMPRENDIDOS POR LA BÚSQUEDA

Documentación mínima consultada (sistema de clasificación, seguido de los símbolos de clasificación)

CIP⁷ G 02 B, G 02 F

Otra documentación consultada, además de la documentación mínima, en la medida en que tales documentos formen parte de los sectores comprendidos por la búsqueda

Bases de datos electrónicas consultadas durante la búsqueda internacional (nombre de la base de datos y, si es posible, términos de búsqueda utilizados)

EPODOC, WPI, PAJ, CIBEPAT

C. DOCUMENTOS CONSIDERADOS RELEVANTES

Categoría*	Documentos citados, con indicación, si procede, de las partes relevantes	Relevante para las reivindicaciones nº
A	US 5793907 A (JALALI, B. et al.) 11.08.1998, columna 2, línea 27 - columna 4, línea 9; columna 5, líneas 42 - 50; columna 5, línea 64 - columna 7, línea 12; figuras 1 - 7.	1 - 4, 6
A	EP 0591042 A1 (NIPPON TELEGRAPH AND TELEPHONE CORPORATION) 06.04.1994, columna 3, línea 58 - columna 5, línea 4; columna 6, línea 29 - columna 7, línea 51; figura 1.	1 - 4
A	WO 01/33270 A1 (KYMATA LIMITED; BBV DESIGN BV) 10.05.2001, todo el documento.	1 - 4
A	BASE DE DATOS PAJ de JPO, JP 2001042375 A (NIPPON TELEGRAPH AND TELEPHONE CORPORATION) 16.02.2001, resumen; figura.	1

☐ En la continuación del recuadro C se relacionan otros documentos ☒ Los documentos de familia de patentes se indican en el anexo

* Categorías especiales de documentos citados:

"A" documento que define el estado general de la técnica no considerado como particularmente relevante.

"E" solicitud de patente o patente anterior pero publicada en la fecha de presentación internacional o en fecha posterior.

"L" documento que puede plantear dudas sobre una reivindicación de prioridad o que se cita para determinar la fecha de publicación de otra cita o por una razón especial (como la indicada).

"O" documento que se refiere a una divulgación oral, a una utilización, a una exposición o a cualquier otro medio.

"P" documento publicado antes de la fecha de presentación internacional pero con posterioridad a la fecha de prioridad reivindicada.

"T" documento ulterior publicado con posterioridad a la fecha de presentación internacional o de prioridad que no pertenece al estado de la técnica pertinente pero que se cita por permitir la comprensión del principio o teoría que constituye la base de la invención.

"X" documento particularmente relevante; la invención reivindicada no puede considerarse nueva o que implique una actividad inventiva por referencia al documento aisladamente considerado.

"Y" documento particularmente relevante; la invención reivindicada no puede considerarse que implique una actividad inventiva cuando el documento se asocia a otro u otros documentos de la misma naturaleza, cuya combinación resulta evidente para un experto en la materia.

"&" documento que forma parte de la misma familia de patentes.

Fecha en que se ha concluido efectivamente la búsqueda internacional. 25.06.2003

Fecha de expedición del informe de búsqueda internacional

15 JUL 2003

15.07.03

Nombre y dirección postal de la Administración encargada de la búsqueda internacional

OEPM
C/Panamá 1, 28071 Madrid, España.
nº de fax +34 91 349 53 79

Funcionario autorizado:

Óscar González Peñalba

Nº de teléfono: + 34 913 495 393

INFORME DE BÚSQUEDA INTERNACIONAL
 Información relativa a miembros de familias de patentes

Solicitud internacional n°
 PCT/ES 03/00122

Documento de patente citado en el informe de búsqueda	Fecha de publicación	Miembro(s) de la familia de patentes	Fecha de publicación
US 5793907 A	11.08.1998	NINGUNO	
EP 0591042 A1	06.04.1994	CA 2107181 A EP 0591042 B JP 7098424 A JP 3293698 B2 B US 5414548 A DE 69311048D D DE 69311048T T	30.03.1994 06.04.1994 11.04.1995 17.06.2002 09.05.1995 03.07.1997 11.12.1997
WO 0133270 A1	10.05.2001	AU 1156101 A US 6289147 B EP 1226461 A CN 1387628T T JP 2003513330T	14.05.2001 11.09.2001 31.07.2002 25.12.2002 08.04.2003
JP 2001042375 A	16.02.2001	NINGUNO	